

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-226747

(43)Date of publication of application : 03.09.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/10
H01S 3/07
H01S 3/094

(21)Application number : 04-025331

(71)Applicant : SUMITOMO CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 12.02.1992

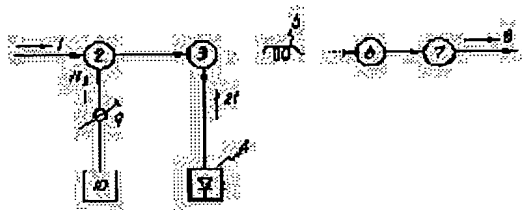
(72)Inventor : OKAWARA TADAYOSHI
ORITO TOSHIHIRO

(54) METHOD FOR CONTROLLING GAIN OF OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To impart linearity to gain characteristics of an optical fiber amplifier in a wide dynamic range by using a dummy signal level as an operating reference point.

CONSTITUTION: An input signal 1 is combined with a dummy signal 11 from a dummy signal generator (signal generator of a wavelength not used as an input signal in an amplifying band of the amplifier) by an optical coupler 2. Further, it is combined with the output light of a pumping LD (semiconductor laser) 4 by a WDM coupler 3 (one type of an optical coupler to combine or branch light beams having two different wavelengths), and connected to an Er doped fiber 5. The fiber 5 is connected to an isolator 6, and a narrow band optical filter (filter having a passing function corresponding to a signal light spectrum) 7. The signal light 1 is optically amplified when passing through the fiber 5 to become an output light 8. The signal 11 and a pumping light 21 are shut off by the filter 7, and not output.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3164870

[Date of registration] 02.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-226747

(43)公開日 平成5年 (1993) 9月3日

(51)Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/10	Z	8934-4M		
3/07		8934-4M		
3/094		8934-4M		
			H 0 1 S 3/094	S

審査請求 未請求 請求項の数2 (全 5 頁)

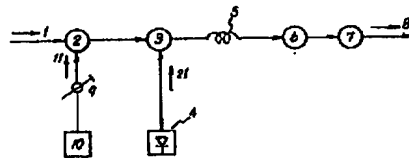
(21)出願番号	特願平4-25331	(71)出願人	000183266 住友セメント株式会社 東京都千代田区神田美土代町1番地
(22)出願日	平成4年 (1992) 2月12日	(72)発明者	大川原忠義 千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメント株式会社新規事業本部内
		(72)発明者	織戸敏弘 千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメント株式会社新規事業本部内
		(74)代理人	弁理士 倉持 裕

(54)【発明の名称】 光ファイバーアンプの利得制御方法

(57)【要約】

【目的】 従来の光ファイバーアンプの利得制御方法の欠点を解決し、入力信号のダイナミックレンジに渡ってほぼ直線的な利得特性が実現することができる光ファイバーアンプの利得制御方法を提供することを目的とする。

【構成】 光ファイバーアンプの利得制御方法において、該光ファイバーアンプの増幅帯域内に、入力信号波長として用いない波長域のダミー信号を、該光ファイバー入力端で、入力信号と合波させて、該光ファイバーアンプの動作点が、該ダミー信号レベルを動作基準点として、該ダミー信号に入力信号レベルが相加したとして光ファイバーアンプとして動作させることにより、該ダミー信号レベルを設定し、該光ファイバーアンプのアンプ利得を設定し、該光ファイバーアンプの光信号のレベル変化に対して、光ファイバーアンプの増幅利得特性が広いダイナミックレンジに対して、直線性 (平坦性) を有するように制御することを特徴とする光ファイバーアンプの利得制御方法を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバーアンプの利得制御方法において、

該光ファイバーアンプの増幅帯域内に、入力信号波長として用いない波長域のダミー信号を、該光ファイバー入力端で、入力信号と合波させて、該光ファイバーアンプの動作点が、該ダミー信号レベルを動作基準点として、該ダミー信号に入力信号レベルが相加したとして光ファイバーアンプとして動作させることにより、該ダミー信号レベルを設定し、該光ファイバーアンプの光信号のレベル変化に対して、光ファイバーアンプの増幅利得特性が広いダイナミックレンジに対して、直線性（平坦性）を有するように制御することを特徴とする光ファイバーアンプの利得制御方法。

【請求項2】 前記の入力信号（AC光信号）とダミー信号（DC光信号）とを合波して光ファイバーアンプの入力信号とすることにより、光ファイバーアンプの利得特性に広いダイナミックレンジで直線性を与える利得制御において、ダミー信号のレベルを半固定で可変することにより、光ファイバーアンプの利得を所望値に設定することを特徴とする請求項1に記載の光ファイバーアンプの利得制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、入力信号振幅の広いダイナミックレンジに渡って光ファイバーアンプの利得特性に直線性を与えるとともに、光ファイバーアンプの利得を所望値に設定できるようにしたもので、光信号の分岐、分配、中継伝達を容易にするものであって、光伝送、光交換、光信号処理などの光通信、光情報処理などの幅広い分野に適用し得るものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のEr等の稀土類元素ドープ光ファイバーアンプの増幅特性は、稀土類元素の濃度、光ファイバー長、ポンピング光パワー、ポンピング方向などにより決まるが、更に、その増幅利得（G）は、入力信号レベルに大きく依存するという特徴がある。即ち、入力信号レベルが微小な領域では、増幅利得（G）は大きく、入力レベルに対しても直線的であるが、入力信号が増大するにつれて、飽和出力点（主としてポンピング光パワーに依存する）まで、Gは、漸減するという特性があった。

【0003】 図6のグラフは、その一例であるが、DC入力光パワーが、 $-20 \sim -500 \text{ dBm}$ の領域で、 $G = 30 \text{ dB}$ を得たい場合には、ポンピング光パワーを30mW以上としなければならない。そうすると、必然的に小信号領域では、 $G > 40 \sim 50 \text{ dB}$ となってしまう。即ち、小信号でGが大きく、大信号でGが小さくなることは避けられない。従って、入力信号光パワーが定

常的にほぼ一定であれば、通常の増幅器と同じ概念で光アンプを利用することができる。然し乍ら、入力光パワーが変動する入力信号に対しては、光ファイバーアンプの入力レベルに対するGの非線形性を考慮して使用しなければならないという難点があった。特に、波形歪みを伴ったデジタル光信号の伝送の場合には、この波形歪みを拡大するような作用を与える。従って、従来、この入力レベルに対するGの非線形性を補償する種々の方法が提案されてきた。

10 【0004】 図3の構成図は、入力信号1とアンプ信号出力とを常に比較しておき、その差が一定になるようにポンピングLD（4）を駆動する従来方法である。このようにすれば、入力と出力との比、即ちGは、一定に制御されることになる。然し乍ら、この方法では、入力の変化と出力の変化にほとんど時間差がないことが前提である。光ファイバーアンプのErドープファイバー長は、通常20～100メートル（m）であり、光ファイバーを伝搬するに要する時間は、100～500ナノ秒（ns）であるから、この伝搬時間が無視できる信号周波数即ち約1MHz以下の信号周波数には、G一定に制御が可能かも知れないが、本来ギガヘルツ（GHz）オーダーの信号増幅に使用する光ファイバーアンプの利得特性の制御には、利用できない。また、図3の構成で、入力信号のみの変動の平均又は出力信号のみの変動の平均に対して、Gをほぼ一定にする制御を行なうように制御することができる。然し乍ら、いずれも光ファイバーアンプの電源変動、温度変動等に対する利得特性の安定化には、大いに効果があるが、Gの入力信号レベル変化に対する直線性の保持には、効果がない。

30 【0005】 図4の構成図は、Erドープ光ファイバーアンプの自然放出（ASE）光の一部の波長を、光フィルタ7'（光入力信号としては使用しない波長）で抽出し、局部信号光17として、光カップラー2で入力信号光と合波し、光ファイバーアンプを通過させて、局部信号光17を出力側から入力側へ光フィードバックし、リングレーザ発振をさせるようにした従来方式を示す。光アッテネータ（9）は、局部信号光17の発振レベルを適当な値に制御するものである。このようにすれば、局部信号光17の発振状態を維持するアンプ利得に光ファイバーアンプ利得は、制御され、入力信号の小信号利得は広いダイナミックレンジでほぼ一定に制御される。ただ、入力信号が急激に変動した場合には、光ファイバーアンプの利得が増減することになるが、その変化は、Er光ファイバーの長さを伝搬し、出力端に生じ、それからASEの変化としてフィードバックされることになり、その変化の収束は比較的ゆっくりであることが特徴であるとともに欠点にもなる。

40 【0006】 図5の構成図は、光信号成分の損失を極力抑制して、光ファイバーアンプの利得特性を直線的にしようと考えられた従来方式である。この点で、Erド

一フファイバーからのASE光の漏れ(18)を数ヶ所(19)で集光し、(15')で検出し、ASE光の変化が利得変化と連動していることから、ASE光を一定レベルにするようにポンピングダイオード(4)にフィードバックをかけ、ポンピング出力光を利得の減少に見合う分増大して、利得を一定に保持しようとしたものである。従って、この方法では、稀土類元素ドープのファイバーの数ヶ所からのASE光の変化をとり、その平均に対して、利得を一定にするように制御するものであるため、その制御速度をGHzオーダーに高速化することは不可能である。

[0007]

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明は、ダミー信号入力と入力信号とを合波して、光ファイバーアンプに加えれば、光ファイバーアンプの動作点はダミー信号レベルを動作基準点として、このダミー信号に入力信号レベルが相加したとして光ファイバーアンプとして動作させ、ダミー信号レベルを設定することにより、光ファイバーアンプのアンプ利得を設定することができ、ダミー信号レベルまでの入力信号のダイナミックレンジに渡ってほぼ直線的な利得特性が実現することができる光ファイバーアンプの利得制御方法を提供することを目的とする。

[0008]

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の技術的な課題の解決のために、稀土類元素ドープ光ファイバーアンプの利得制御方法において、光ファイバーアンプの増幅帯域内に、入力信号波長として用いない波長域にダミー信号を発生するダミー信号発生器を置き、このダミー信号発生器からのダミー信号(DC光信号)と入力信号(AC光信号)とを光ファイバー入力端で合波させて、該光ファイバーアンプの光信号のレベル変化に対して、光ファイバーアンプの増幅利得特性が広いダイナミックレンジに対して、直線性を有するように制御することを特徴とする光ファイバーアンプの利得制御方法を提供する。

[0009]更に、入力信号(AC光信号)とダミー信号(DC光信号)とを合波して光ファイバーアンプの入力信号とすることにより、光ファイバーアンプの利得特性に広いダイナミックレンジで直線性を与える利得制御において、ダミー信号のレベルを半固定で可変することにより、光ファイバーアンプの利得を所望値に設定するものが好適である。

[0010]

【作用】本発明によると、稀土類元素、Er等ドープ光ファイバーアンプの入力信号波長として用いていない波長域のダミー信号発生器を設け、ダミー信号入力と入力信号とを合波して、光ファイバーアンプに加えれば、光ファイバーアンプの動作点はダミー信号レベルを動作基準点として、このダミー信号に入力信号レベルが相加し

たとして光ファイバーアンプとして動作させるものである。このようにすれば、ダミー信号レベルを設定することにより、光ファイバーアンプのアンプ利得を設定することができ、ダミー信号レベルまでの入力信号のダイナミックレンジに渡ってほぼ直線的な利得特性が実現することができる。また、このダミー信号を加えることは、光ファイバーアンプの高速動作に何ら影響を与えないから、GHzオーダーの高速動作に何等の支障もない。

[0011]また、従来の方法の光ファイバーアンプのフィードバック法を併用することにより、光ファイバーアンプの安定化にも何等の妨げにもならない。また、入力信号(AC光信号)とダミー信号(DC光信号)とを合波して光ファイバーアンプの入力信号とすることにより、光ファイバーアンプの利得特性に広いダイナミックレンジで直線性を与える利得制御が得られる。また、ダミー信号のレベルを半固定で可変することにより、光ファイバーアンプの利得を所望値に設定することができる。

[0012]次に、本発明を具体的に実施例により説明するが、本発明はそれらによって限定されるものではない。

[0013]

【実施例】図1は、本発明による光ファイバーアンプの利得制御方法の動作原理を示す回路構成図である。入力信号1は、ダミー信号発生器(光ファイバーアンプの増幅帯域内で入力信号として使用していない波長の信号発生器)(10)からのダミー信号11と光カップラー2で合波され、更に、ポンピングLD(半導体レーザ)4の出力光21と(光カプラーの一種で、異なる2つの波長の光を合波、分波する)WDMカップラー3で合波されて、Erドープファイバー5に接続される。Erドープファイバー5は、アイソレータ6、狭帯域光フィルタ(信号光スペクトラム相当の通過域を持つフィルタ)7に接続されている。信号光1は、Erドープファイバー5を通過する際に、光増幅され、出力光8となる。ダミー信号11及びポンピング光21は、光フィルタ7で遮断され、出力にはならない。

[0014]そして、図2は、本発明に用いるダミー信号発生器(10)(本発明の光ファイバーアンプの利得制御方法の他の例)として、別のErドープ光ファイバーアンプを用いたものである。ポンピング光21は、光カップラ20でその一部を分岐され、ダミー信号発生器のErファイバー5'に供給される。ダミー信号発生器は、WDMカップラー3'、Erドープファイバー5'、狭帯域光フィルタ7'(信号波長として使用しない波長のフィルタ)、光カップラ13で、リングレーザを構成し、信号波長として使用していない局部光を発生する。そして、光アッテネータ9で適当なレベルに調節されて、ダミー信号光は、光カップラー2でErドープ光ファイバーアンプの入力に結合される。即ち、Erの

ような稀土類元素ドープ光ファイバーアンプを特定波長のリングレーザとして構成したものである。ポンピングLD（半導体レーザ）4からの出力光21は、光カップラー20で分離され、WDMカップラー3'を通過し、Erドープファイバー5'を通過し、狭域光フィルタ（ダミー信号のみを通過する）7'に接続され、分離器13に接続し、一部の光束12が、カップラー3'にフィードバックされる。一方、分離器13からのダミー信号11は、光カップラー2で入力信号1と合波される。ファイバーアンプの増幅帯域内で入力信号として使用していない波長にあるダミー信号11には、フィルタは必要ない。

【0015】これに対して、図3の構成図は、Erドープ光ファイバーアンプ特性を向上するための従来の方法を示し、入出力信号のパワーの差を検出して、ポンピングパワーを制御し、光ファイバーアンプの利得を一定に制御しようとしたものであり、入力信号又は出力信号の変化のみを検出して、利得制御を行なったものを示す。そして、図4の構成図は、Erドープ光ファイバーアンプの増幅帯域内の特定波長でリングレーザを構成し、光フィードバックによりアンプ利得を制御しようとする従来の利得制御方法を示すものである。また、図5の構成図も、Erファイバーの自然放出（ASE）光を検出して、ポンピングLDにフィードバックをかけ、ASEの変化に応じて、ポンピングパワーを増減し、光ファイバーアンプの利得を制御する従来の方法を示すものである。

【0016】以上のように構成された光ファイバーアンプの入力信号レベルに対する増幅特性は、図6に示すようである。DC入力光に対する利得Gは、Er濃度、ファイバー長、ポンプ光パワー等によって決まり、図示のような曲線になる。今、ポンプ光パワーレベルを30mWとして、ダミー信号光レベルを-20dBm（DC入力光パワー）とすれば、光ファイバーアンプの利得は、 $G=30\text{ dB}$ （図6のP点）となる。ここで、入力信号光-40dBmを入力すれば、そのときの入力信号光の利得は、図6で入力光パワー（-20+-40dBmの点での利得）になると考えて良い。もし、入力信号光は、-20dBmになったとすると、光ファイバーアンプは、図6で入力光パワー-17dBm（Q点）の点の利得になったと同じで、 $G\approx 27\text{ dB}$ である。更に、入力信号光が、-10dBmだとすれば、動作点は、入力光パワー-9.6dBm（R点）の点となり、 $G\approx 21\text{ dB}$ となる。

【0017】このように、本発明の光ファイバーアンプの利得制御方法により、ダミー信号光と入力信号光を合波して、光ファイバーアンプに入力する方法により、入力信号光のみに対する利得特性を図示すると、図7のようになる。即ち、本発明によると、入力信号レベルに対する利得特性は、図7に示すように、広いダイナミック

レンジで直線的（平坦性）となる。また、ポンピングパワーを決め、ダミー信号の出力レベルを光アッテネータ9で調節すれば、所望のダイナミックレンジで直線性の良い利得特性を有するErドープ光ファイバーアンプが得られる。ダミー信号発生器は、DC光でもAC光でも、いずれの光信号を発生させるものでも良く、LDを用いれば容易に実現することができる。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光ファイバーアンプの利得制御方法により、次のような顕著な技術的效果が得られた。第1に、以上の説明したように、光ファイバーアンプの利得を、入力信号レベルの広いダイナミックレンジに渡って、直線的な利得特性として動作させることができる。第2に、従って、信号増幅に伴う歪みの発生を抑圧することができるので、AM-FDM変調信号の伝送、2乗余弦パルス波の伝送に使用することができる。第3に、従って、光通信、光信号処理に適用して、効果大なるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ファイバーアンプの利得制御方法の動作原理を示すErドープ光ファイバーアンプの回路構成図である。

【図2】本発明によるダミー信号発生器の1例を示す説明図である。

【図3】Erドープ光ファイバーアンプの特性改善のための従来の方法を示す説明図である。

【図4】Erドープ光ファイバーアンプの増幅帯域内の特定波長でリングレーザを構成し、光フィードバックによりアンプ利得を制御する従来の方法を示す。

【図5】Erドープ光ファイバーの自然放出光を検出してポンピングLDにフィードバックをかけ、ASEの変化に応じてポンピングパワーを増減する従来の制御方法を示す。

【図6】本発明の動作原理を示すErドープ光ファイバーアンプの特性図である。

【図7】本発明により得られるErドープ光ファイバーアンプのAC入力光パワーに対する利得特性を示す説明図である。

【符号の説明】

1	入力信号
2	光カップラー
3、3'	WDMカップラー
4	ポンプ用LD
5、5'	Erドープ光ファイバーアンプ
6	アイソレータ
7、7'	光フィルター
8	出力信号
9	光アッテネータ
10	ダミー信号発生器

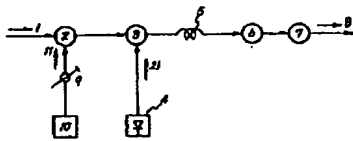
(5)

特開平5-226747

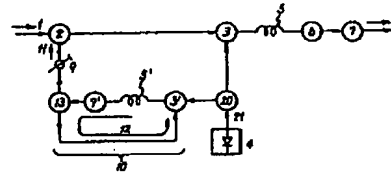
- 7
 11 ダミー信号出力
 12 リングレーザの発振信号
 13 光カップラー (ダミー信号分岐用)
 14、14' 光カップラー (信号分岐用)
 15、15' 光パワー検出器

- 8
 16 差分検出器
 17 リングレーザ発振出力
 18 E r ドープ光ファイバーの自然放出光
 19 自然放出光集光器
 20 光カップラー

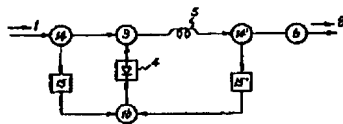
【図1】



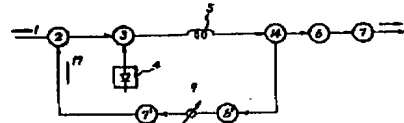
【図2】



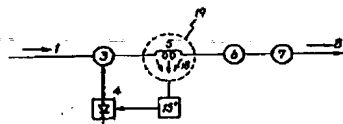
【図3】



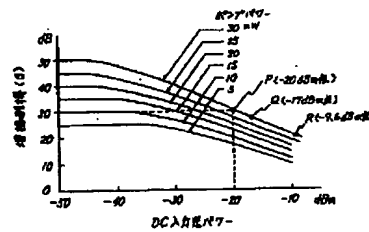
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

